

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-130862

(43) 公開日 平成8年(1996)5月21日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

H 0 2 K 33/16

識別記号

庁内整理番号

A

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平6-293791

(22) 出願日 平成6年(1994)11月2日

(71) 出願人 000183417

住友特殊金属株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番19号

(72) 発明者 三上 均

大阪府三島郡島本町江川2丁目15-17 住

友特殊金属株式会社山崎製作所内

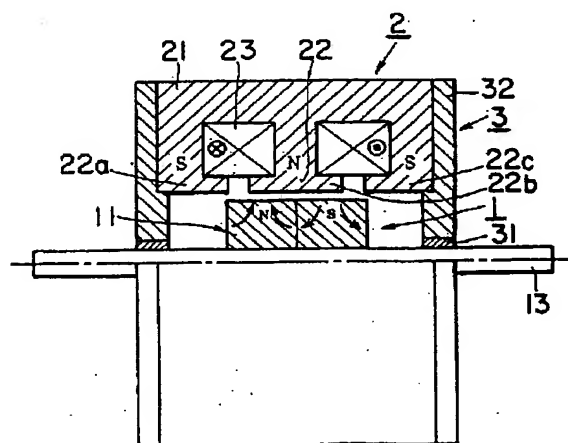
(74) 代理人 弁理士 押田 良久

(54) 【発明の名称】 磁石可動形リニアアクチュエータ

(57) 【要約】

【目的】 従来の磁石可動形リニアアクチュエータが有する問題点を解決することが主たる目的であり、特に、可動子を構成する円筒状永久磁石を改良することで、可動子の構造を簡素化し、可動子の軽量化を実現し、推力とともに応答性の向上を可能とし、生産性が良く信頼性が高い磁石可動形リニアアクチュエータの提供を目的とする。

【構成】 可動子1を構成する永久磁石構成体11に外周面から軸方向両端面に向かって偏倚するよう着磁した円筒状ボンド磁石11a、11bを用い、軸方向に異磁極を交互に形成するようにして隣接配置したことにより、従来の構成において必須要素であった可動ヨークの配置を不要とし、ボンド磁石が有する磁気特性を最も効率的に活用することによって、可動子の構造を簡素化し、生産性が良く信頼性の高い磁石可動形リニアアクチュエータの提供を提供できるとともに、可動子の軽量化を実現し、推力とともに応答性の向上を可能にした磁石可動形リニアアクチュエータを提供できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 外周面の軸方向に異磁極を交互に形成してなる円筒状永久磁石構成体を有する可動子と、前記円筒状永久磁石構成体と所定の空隙を形成して対向配置し、内周面の軸方向に異磁極を交互に形成するよう駆動コイルを巻回配置してなる磁極部を有する固定子とからなる磁石可動形リニアアクチュエータにおいて、前記円筒状永久磁石構成体が少なくとも一対の円筒状ボンド磁石からなり、かつ各々の円筒状ボンド磁石を外周面から軸方向両端面に向かって偏倚する磁路を形成するように着磁したことを特徴とする磁石可動形リニアアクチュエータ。

【請求項2】 外周面の軸方向に異磁極を交互に形成してなる円筒状永久磁石構成体を有する可動子と、前記円筒状永久磁石構成体と所定の空隙を形成して対向配置し、内周面の軸方向に異磁極を交互に形成するよう駆動コイルを巻回配置してなる磁極部を有する固定子とからなる磁石可動形リニアアクチュエータにおいて、前記円筒状永久磁石構成体が外周面の軸方向に少なくとも一対の異磁極を形成してなる円筒状ボンド磁石からなり、かつ前記の隣接する異磁極間を略湾曲状に偏倚する磁路を形成するように着磁したことを特徴とする磁石可動形リニアアクチュエータ。

【請求項3】 円筒状永久磁石構成体を構成する円筒状ボンド磁石が希土類ボンド磁石であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の磁石可動形リニアアクチュエータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、自動車のアクティブサスペンション等の振動制御機器をはじめ各種工作機械等、広範囲の分野で使用される磁石可動形リニアアクチュエータの改良に係り、例えば、可動子を構成する永久磁石構成体に外周面から軸方向両端面に向かって偏倚するよう着磁した円筒状ボンド磁石を用いて、磁気効率が良く小型で生産性を向上させた磁石可動形リニアアクチュエータに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来から、自動車のアクティブサスペンションの振動制御機器等に使用される電磁アクチュエータとしては、VCM（ボイスコイル型リニアモータ）に代表されるような電流力を利用したリニアアクチュエータが使用されていた。

【0003】電流力を利用したリニアアクチュエータは、周波数応答性は良いが、体積あたりの発生推力があまり大きくないことから、大推力を得るためには全体的な外径寸法が大きくなり、また、磁石使用量も多くなり、必ずしも磁気効率が良い構成とは言い難かった。最近では、これらの分野に、大推力が得られ、比較的磁石の使用量が少なく、体積あたりの発生推力が大きな磁石

10

20

30

40

50

可動形リニアアクチュエータ、すなわち、磁気力を利用したリニアアクチュエータの採用が検討されている（1992年6月社団法人電気学会発行 電気学会リニアドライブ研究会資料LD-92-46「可動磁石型アクチュエータ推力向上に関する検討」、1993年11月社団法人電気学会発行 電気学会リニアドライブ研究会資料LD-93-87「小型リニアアクチュエータの研究」）。

【0004】従来から知られる磁石可動形リニアアクチュエータの基本的な構成を図8および図9に示す。図8は全体の概要構成を示す縦断面説明図であり、図9は可動子を示す縦断面説明図である。図中1は可動子であり、円筒状永久磁石構成体11を円筒状の可動ヨーク12を介して出力軸13に固着した構成からなっている。特に、円筒状永久磁石構成体11は、希土類系焼結磁石からなる一対のラジアル方向に磁化された円筒状永久磁石11c、11dを、その磁化の向き（図中の矢印にて示す向き）が交互に逆向きになるように、すなわち軸方向に異磁極を交互に形成するようにして隣接配置した構成からなっている。

【0005】図中2は固定子であり、円筒状の固定ヨーク21の内周部に、前記可動子1の円筒状永久磁石構成体11と所定の空隙を形成して対向配置する磁極部22を有し、特に、磁極部22は複数の磁極22a、22b、22cからなり、これらの磁極22a、22b、22cが軸方向に異磁極を交互に形成するよう駆動コイル23を巻回配置した構成からなっている。図中3は可動子1の支持部であり、可動子1の出力軸13を軸受31を介して軸方向（図中左右方向）移動可能に支持するフランジ部32から構成され、該フランジ部32が固定子2の各々端部に固着されている。

【0006】以上の構成において、駆動コイル23に所定方向の電流を通電すると、固定子2の磁極部22に軸方向に異磁極が交互に形成され、可動子1の円筒状永久磁石構成体11を構成する一対の円筒状永久磁石11c、11dとの磁気的作用により、可動子1が軸方向に移動する。図8では、可動子1を構成する円筒状永久磁石構成体11が一対の円筒状永久磁石からなる最も基本的な磁石可動形リニアアクチュエータの例を示したが、要求される推力等に応じてこれら円筒状永久磁石の数量とともに、固定子2の磁極部22を構成する各々磁極の数量を増加した構成等が知られている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】従来の磁石可動形リニアアクチュエータにおいては、先に説明したように可動子を構成する円筒状永久磁石構成体として、希土類系焼結磁石からなるラジアル方向に磁化された円筒状永久磁石が使用されていた。しかし、希土類系焼結磁石からなる円筒状永久磁石は、その寸法等によっては一体品として歩留りよく生産することができず、通常、複数の断面

弓形状希土類系統結磁石を円筒状可動ヨークの外周面に接着固定して、全体として円筒状を形成するようにして用いていた。このような、構成は可動子の生産性の点から望ましくないだけでなく、作動中の断面弓形状希土類系統結磁石の脱落等が懸念され、信頼性の点からも望ましい構成とは言い難いものであった。

【0008】さらに、各々の円筒状永久磁石はラジアル方向に磁化される構成であることから、隣接配置する各々の円筒状永久磁石が有する磁気特性を有効に活用するためには、互いの円筒状永久磁石間に効率的な磁路を形成することが必要となり、可動ヨークの配置が必須の要件となる。この可動ヨークの配置は可動子の全体重量を大きくする要因となっており、特に、推力の向上を実現させるために円筒状永久磁石を大きくすると必然的に可動ヨークも大きくなり、要求される応答性を実現することが困難となる。

【0009】また、最近では、リニアアクチュエータの分野においても、形状の任意性や寸法精度の良さ等の観点から、種々のボンド磁石を採用することが検討されているものの、磁石の本質的な磁気特性が焼結磁石と比べて低く、従来の磁石可動形リニアアクチュエータを構成する円筒状永久磁石を単にボンド磁石に置き換えるだけでは、要求される推力を得ることができなかった。

【0010】この発明は、以上に説明したような従来の磁石可動形リニアアクチュエータが有する問題点を解決することが主たる目的であり、特に、可動子を構成する円筒状永久磁石を改良することで、可動子の構造を簡素化し、生産性が良く信頼性の高い磁石可動形リニアアクチュエータの提供を目的とするものである。また、可動子の軽量化を実現し、推力とともに応答性の向上を可能とする磁石可動形リニアアクチュエータの提供を目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】この発明は、従来の磁石可動形リニアアクチュエータが有する問題点を解決するために、特に、可動子の構成に着目し種々検討した結果、円筒状永久磁石構成体を構成する円筒状永久磁石に、特定方向に磁路を形成するように着磁されたボンド磁石を用いて構成することにより、従来の構成において必須要素であった可動ヨークの配置を不要とし、ボンド磁石が有する磁気特性を最も効率的に活用することによって、目的を達成したものである。

【0012】すなわち、この発明は、外周面の軸方向に異磁極を交互に形成してなる円筒状永久磁石構成体を有する可動子と、前記円筒状永久磁石構成体と所定の空隙を形成して対向配置し、内周面の軸方向に異磁極を交互に形成するよう駆動コイルを巻回配置してなる磁極部を有する固定子とからなる磁石可動形リニアアクチュエータにおいて、前記円筒状永久磁石構成体が少なくとも一対の円筒状ボンド磁石からなり、かつ各々の円筒状ボン

ド磁石を外周面から軸方向両端面に向かって偏倚する磁路を形成するように着磁したことを特徴とする磁石可動形リニアアクチュエータである。ここで、円筒状永久磁石構成体を構成する少なくとも一対の円筒状ボンド磁石とは、当該永久磁石構成体の表面にN極とS極の対が最低限一つあれば良いことから最小、2個の円筒状ボンド磁石で構成されることを意味し、このN極とS極の対が複数対で円筒状ボンド磁石が偶数個であってもよいほか、例えば、当該永久磁石構成体の表面にN極、S極、N極が現れる如く、円筒状ボンド磁石が奇数個で構成されてもよく、奇数個（奇数極）で構成される場合は、磁気的バランスを考慮して、軸方向の磁石寸法、ピッチ等を調整すると良い。

【0013】また、併せて、外周面の軸方向に異磁極を交互に形成してなる円筒状永久磁石構成体を有する可動子と、前記円筒状永久磁石構成体と所定の空隙を形成して対向配置し、内周面の軸方向に異磁極を交互に形成するよう駆動コイルを巻回配置してなる磁極部を有する固定子とからなる磁石可動形リニアアクチュエータにおいて、前記円筒状永久磁石構成体が外周面の軸方向に少なくとも一対の異磁極を形成してなる円筒状ボンド磁石からなり、かつ前記の隣接する異磁極間を略湾曲状に偏倚する磁路を形成するように着磁したことを特徴とする磁石可動形リニアアクチュエータを提案する。ここで、外周面の軸方向に少なくとも一対の異磁極を形成してなる円筒状ボンド磁石からなる円筒状永久磁石構成体は、1つの円筒状ボンド磁石のみで構成されるが、当該永久磁石構成体の表面には最低限、N極とS極の一対の異磁極を形成するもので、N極とS極の対が複数対のほか、表面にN極、S極、N極が現れる如く、奇数極を形成することができ、奇数極の場合に磁気的バランスを取るとは上述のとおりである。

【0014】さらに、上記のいずれの磁石可動形リニアアクチュエータにおいても好ましい構成として、円筒状永久磁石構成体を構成する円筒状ボンド磁石が希土類ボンド磁石であることを特徴とする磁石可動形リニアアクチュエータを提案するものである。

【0015】

【作用】この発明による磁石可動形リニアアクチュエータの作用を、図1および図2に示す一実施例に基づき詳細に説明する。図1は全体の概要構成を示す縦断面説明図であり、図2は可動子を示す縦断面説明図である。図中1は可動子であり、一対の円筒状ボンド磁石11a、11bからなる円筒状永久磁石構成体11を出力軸13に直接固着した構成からなっている。この発明の特徴である一対の円筒状ボンド磁石11a、11bは、それぞれ外周面から軸方向両端面に向かって偏倚する磁路を形成するように着磁されており、かつその磁化の向き（図中の矢印にて示す向き）が交互に逆向きになるように、すなわち軸方向に異磁極を交互に形成するようにして隣

接配置している。

【0016】図中2は固定子であり、従来の磁石可動形リニアアクチュエータと本質的に同様な構成からなる。すなわち、円筒状の固定ヨーク21の内周部に、前記可動子1の円筒状永久磁石構成体11と所定の空隙を形成して対向配置する磁極部22を有し、特に、磁極部22は複数の磁極22a、22b、22cからなり、これらの磁極22a、22b、22cが軸方向に異磁極を交互に形成するよう駆動コイル23を巻回配置した構成からなっている。図中3は可動子1の支持部であり、可動子1の出力軸13を軸受31を介して軸方向（図中左右方向）移動可能に支持するフランジ部32から構成され、該フランジ部32が固定子2の各々端部に固着されている。

【0017】以上の構成において、駆動コイル23に所定方向の電流を通電すると、固定子2の磁極部22に軸方向に異磁極が交互に形成され、可動子1の円筒状永久磁石構成体11を構成する一対の円筒状ボンド磁石11a、11bとの磁気的作用により、可動子1が軸方向に移動する。図1および図2から明らかなように、この発明による磁石可動形リニアアクチュエータにおいては、可動子1を構成する一対の円筒状ボンド磁石11a、11bと出力軸13とが可動ヨーク（図8および図9参照）を介することなく直接固着した構成からなるが、各々の円筒状ボンド磁石11a、11bが外周面から軸方向両端面に向かって偏倚する磁路を形成するように着磁されていることから、可動ヨークがなくとも隣接配置する各々の円筒状ボンド磁石11a、11b間に効率的な磁路を形成することが可能となり、ボンド磁石が有する磁気特性を最も効果的に発現することができるのである。

【0018】可動ヨークを不要とすることによって、可動子1の構造が簡素化され、また、作動中に円筒状ボンド磁石11a、11bが脱落する等の懸念もなく、生産性が良く信頼性の高い磁石可動形リニアアクチュエータの提供を可能とする。特に、可動ヨークを不要とすることは、従来の可動ヨークに相当する部分までもボンド磁石にて形成することができ、可動子の全体重量を増やすことなく磁石体積を大きくすることが可能となり、推力向上や応答性向上に効果的な構成であると言える。

【0019】可動子1を構成する円筒状ボンド磁石11a、11bは、等方性の円筒状ボンド磁石を図3に示す着磁器40にて着磁することによって得られる。例えば、等方性の円筒状ボンド磁石11aを、該円筒状ボンド磁石11aの各々端面に当接する円柱状磁極部41a、41bと円筒状ボンド磁石11aの外周面軸方向中央部に当接する環状磁極部42とを有する着磁ヨーク内に配置し、前記円柱状磁極部41a、41bの周囲に巻回配置した一対の励磁コイル13a、43bに所定方向の電流を印加することによって、図中の破線にて示す磁

路を形成し、目的とする円筒状ボンド磁石を得ることができる。また、他の構成として、あらかじめ円筒状ボンド磁石の成形時に上記と同様な磁化を施すことによって、円筒状ボンド磁石が外周面から軸方向両端面に向かって偏倚する磁路を形成するように配向された所謂異方性ボンド磁石を用いることも磁気特性の点から有効である。

【0020】上記のような特定方向に磁路を形成するように着磁された円筒状ボンド磁石を軸方向に複数対配置することによって図4に示すような磁石可動形リニアアクチュエータを得ることができる。すなわち、図4において、1は複数対の円筒状ボンド磁石からなる円筒状永久磁石構成体11を出力軸13に固着してなる可動子であり、また、2は前記円筒状永久磁石構成体11の外周面に形成される磁極数に応じて複数の磁極を有する磁極部22を固定ヨーク21の内周部に形成してなる固定子である。

【0021】図5に示す可動子1は、この発明の他の一実施例からなる磁石可動形リニアアクチュエータを構成する可動子の縦断面説明図である。すなわち、先に説明した図2に示す可動子においては、円筒状永久磁石構成体を一対の円筒状ボンド磁石から構成した場合を示したが、図5に示す可動子は一つの円筒状ボンド磁石のみを配置した円筒状永久磁石構成体を使用することで図2に示す可動子と同様な効果を得ることができる。

【0022】図5において、11は外周面の軸方向に一対の異磁極を形成する一つの円筒状ボンド磁石からなる円筒状永久磁石構成体であり、出力軸13に可動ヨークを介することなく直接固着した構成からなっている。この円筒状ボンド磁石は、隣接する異磁極間を略湾曲状に偏倚する磁路を形成するよう（図中の矢印にて示す方向）に着磁されており、結果として円筒状永久磁石構成体11の外周面の軸方向に一対の異磁極を形成している。このような構成からなる円筒状永久磁石構成体11を有する可動子1を図1に示す固定子2内に配置することで、図1に示す磁石可動形リニアアクチュエータと同様な作用効果を有する磁石可動形リニアアクチュエータを得ることができる。

【0023】図5に示す可動子1を構成する一つの円筒状ボンド磁石からなる円筒状永久磁石構成体11は、等方性の円筒状ボンド磁石を図6に示す着磁器50にて着磁することによって得られる。例えば、等方性の円筒状ボンド磁石11eを、該円筒状ボンド磁石11eの外周面軸方向の2箇所にて当接する環状磁極部52a、52bを有する略円筒状の着磁ヨーク内に配置し、該環状磁極部52a、52b間に巻回配置した励磁コイル53に所定方向の電流を印加することによって、図中の破線にて示す磁路を形成し、目的とする円筒状ボンド磁石を得ることができる。また、他の構成として、あらかじめ円筒状ボンド磁石の成形時に上記と同様な磁化を施すこと

によって、円筒状ボンド磁石が隣接する異磁極間を略湾曲状に偏倚する磁路を形成するように配向された所謂異方性ボンド磁石を用いることも磁気特性の点から有効である。

【0024】上記のような特定方向に磁路を形成するように着磁された円筒状ボンド磁石11eを軸方向に複数配置することも可能であり、また、図7に示すように長尺の円筒状ボンド磁石11fの軸方向外周面に複数の磁極を形成することによって実質的に図4に示す構成と同様な円筒状永久磁石構成体11が得られ、同等の効果を有する磁石可動形リニアアクチュエータを得ることができる。特に、円筒状永久磁石構成体11表面に奇数極を配置する構成の場合は、着磁のみで容易に得られる。図5示す可動子は、円筒状ボンド磁石と出力軸とを一体成形にて製作することも可能であり、図2に示す可動子の構成に比べ、工業的規模における生産性を一層向上することができる。

【0025】この発明の磁石可動形リニアアクチュエータにおける円筒状永久磁石構成体を構成する円筒状ボンド磁石としては、種々の材質からなるものが使用可能であり、磁気特性の点からはFe-B-Nd系ボンド磁石やSm-Co系ボンド磁石等の希土類ボンド磁石が好ましいが、特に残留磁束密度が高く、温度特性や着磁特性に優れたFe<sub>2</sub>B-Nd系ボンド磁石等の所謂スプリング磁石(1993年7月 日本工業出版発行 新素材第63頁から第67頁 「等方性高磁束密度Fe<sub>2</sub>B-Nd系ボンド磁石」)の使用が好ましい。また、この発明の磁石可動形リニアアクチュエータを構成する円筒状固定ヨークをけい素鋼板の積層体にて構成することによって周波数特性を向上することができる。

【0026】

【実施例】

実施例

円筒状永久磁石構成体を構成する円筒状ボンド磁石として、残留磁束密度が0.67T、最大エネルギー積が72kJ/m<sup>3</sup>からなる等方性Fe-B-Nd系ボンド磁石を用いて図1に示すこの発明の磁石可動形リニアアクチュエータを作成した。なお、可動子の外径寸法は30mmであり、固定子の外径寸法は68mmであった。また、各々円筒状ボンド磁石の外径は30mmであり内径は6mmであった。この磁石可動形リニアアクチュエータにおいて、50.8Nの発生推力(最大値)を得ることができた。また、図5に示す構成の可動子1を上記の実施例と同一材料、寸法で作製し、磁石可動形リニアアクチュエータを組立たところ、同様の発生推力が得られることを確認した。

【0027】比較例

比較例として、円筒状永久磁石構成体を構成する円筒状永久磁石に、残留磁束密度が1.29T、最大エネルギー積が287kJ/m<sup>3</sup>からなる6つの断面弓形状異

性Fe-B-Nd系焼結磁石を用いて図8に示す従来の磁石可動形リニアアクチュエータを作成した。なお、可動子および固定子の外径寸法は上記の構成と寸法とした。また、円筒状永久磁石の外径は30mmであり内径は24mmであった。この比較例においては、本質的に円筒状永久磁石構成体を構成する永久磁石の最大エネルギー積が大きいため、この発明の磁石可動形リニアアクチュエータの発生推力(最大値)よりも大きな発生推力を得ることが可能であったが、それぞれの永久磁石が有する最大エネルギー積と発生推力との関係から算出される磁気効率の点からはこの発明の磁石可動形リニアアクチュエータとはほぼ同程度であることが確認された。

【0028】上記比較例のFe-B-Nd系焼結磁石に代えて、この発明の磁石可動形リニアアクチュエータに使用した等方性Fe-B-Nd系ボンド磁石と同材質からなるラジアル方向に着磁した外径30mmで内径24mmの円筒状ボンド磁石を配置した構成においては、この発明の磁石可動形リニアアクチュエータの発生推力の約80%程度の推力しか得ることができなかった。

【0029】

【発明の効果】この発明は、特に、自動車のアクティブサスペンション等の振動制御機器として使用される磁石可動形リニアアクチュエータに有効であり、可動子を構成する円筒状永久磁石構成体を特定方向に磁路を形成するように着磁されたボンド磁石にて構成することにより、従来の構成において必須要素であった可動ヨークの配置を不要とし、ボンド磁石が有する磁気特性を最も効率的に活用することによって、可動子の構造を簡素化し、生産性が良く信頼性の高い磁石可動形リニアアクチュエータの提供を提供できるとともに、可動子の軽量化を実現し、推力とともに応答性の向上を可能にした磁石可動形リニアアクチュエータを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の磁石可動形リニアアクチュエータの一実施例を示す縦断面説明図である。

【図2】図1の磁石可動形リニアアクチュエータを構成する可動子を示す縦断面説明図である。

【図3】図2に示す可動子を構成する円筒状ボンド磁石を作製する着磁装置の概略を示す縦断面説明図である。

【図4】この発明の磁石可動形リニアアクチュエータの他の実施例を示す縦断面説明図である。

【図5】この発明の磁石可動形リニアアクチュエータを構成する他の可動子を示す縦断面説明図である。

【図6】図5に示す可動子を構成する円筒状ボンド磁石を作製する着磁装置の概略を示す縦断面説明図である。

【図7】この発明の磁石可動形リニアアクチュエータを構成する他の可動子を示す縦断面説明図である。

【図8】従来の磁石可動形リニアアクチュエータを示す縦断面説明図である。

【図9】図8の磁石可動形リニアアクチュエータを構成

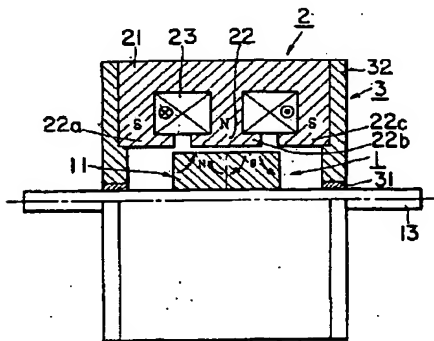
する可動子を示す縦断面説明図である。

【符号の説明】

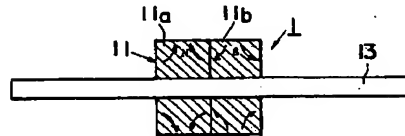
- 1 可動子
- 2 固定子
- 3 支持部
- 11 円筒状永久磁石構成体
- 11a, 11b, 11e, 11f 円筒状ボンド磁石
- 11c, 11d 円筒状永久磁石
- 12 可動ヨーク
- 13 出力軸

- \* 21 固定ヨーク
- 22 磁極部
- 22a, 22b, 22c 磁極
- 23 駆動コイル
- 31 軸受
- 32 フランジ部
- 40, 50 着磁器
- 41a, 41b 円柱状磁極部
- 42, 52a, 52b 環状磁極部
- \* 10 43a, 43b, 53 励磁コイル

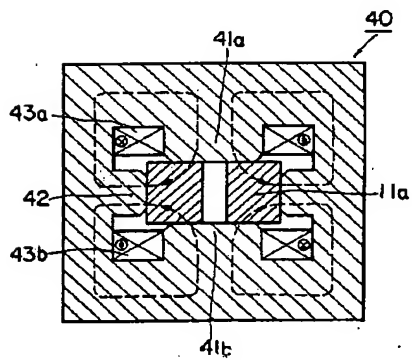
【図1】



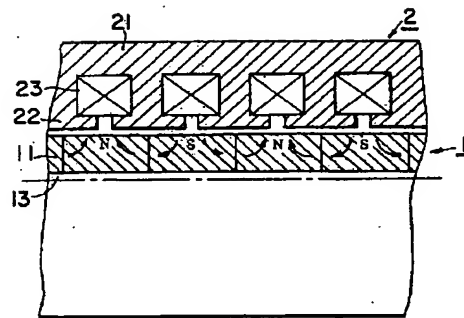
【図2】



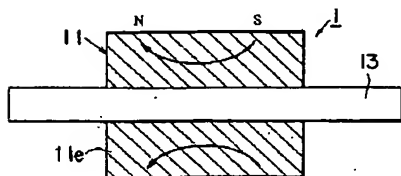
【図3】



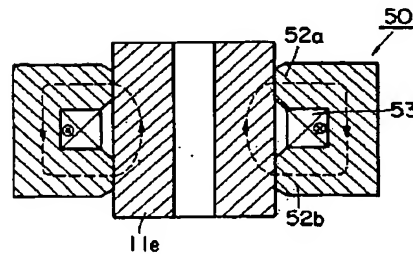
【図4】



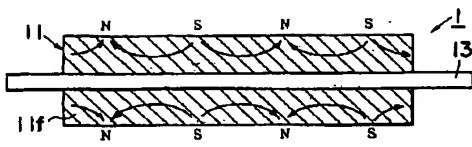
【図5】



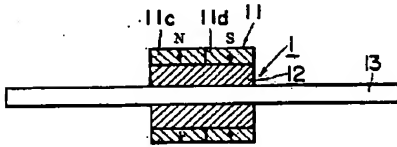
【図6】



【図7】



【図9】



【図8】

